

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ**А.Ю. Травков<sup>4</sup>Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.Е. Янковская<sup>1,2,3,4</sup><sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет

634003, Томск, пл. Соляная, 2

<sup>2</sup>Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 40, 634034

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050

<sup>4</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина 2, Томск, 634050

E-mail: [alexdttrav@gmail.com](mailto:alexdttrav@gmail.com)**BASES OF INTELLIGENT SYSTEM CONSTRUCTION OF THE PIPELINE TECHNICAL  
CONDITION DIAGNOSTICS**A.Y.Travkov<sup>4</sup>Scientific Supervisor: Prof., Dr. of Science A.E. Yankovskaya<sup>1,2,3,4</sup><sup>1</sup>Tomsk State University of Architecture and Building,

2, Solyanaya Square, 634003, Tomsk, Russia

<sup>2</sup>Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634034<sup>3</sup>National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050<sup>4</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, 2, Lenin str., Tomsk, 634050,

Phone: (3822) 650782

E-mail: [alexdttrav@gmail.com](mailto:alexdttrav@gmail.com)

**Abstract.** *The urgent of creating the intelligent systems for revealing different kinds of regularities and decision-making in the problem area of pipeline technical condition diagnostics is considered. The technical condition diagnostics of pipeline is strongly dependent on the pipeline parameters, hydrodynamic characteristics of the pipeline-transported substance and that of environment (ambient medium). The advisability for the construction of the intelligent system for the pipeline technical condition diagnostics (IS PTCD) based on intelligent instrumental software (IIS) IMSLOG, aimed at revealing different types of regularities in data and knowledge, decision-making and its justification with using cognitive tools, is shown. The matrix way of data and knowledge representation in the problem area and the main stages of IS PTCD constructing based on IIS IMSLOG IS PTCD are given. This will allow to reveal different types of regularities in data and knowledge on the base of the features that influence on the technical condition of the pipeline and, as well as make-decisions of the diagnostic and repair- prophylactic character. IS PTCD is essentially useful for the engineers in the problem area of pipeline-transported substance for decision-making and its justification with using cognitive tools, as well as for research activities and also for student training programs in the problem area.*

**Введение.** Разработка интеллектуальных систем диагностики технического состояния трубопровода (ИС ДТСТ), безусловно, актуально направление в целях обеспечения надежности и безопасности при транспортировке нефти и нефтепродуктов. Эти исследования включены в приоритетное направление инновационного развития нефте- и газодобывающих компаний. Правильно подобранный метод диагностики технического состояния, точное определение остаточного ресурса, обоснованное составление плана-графика производства работ на трубопроводе, а также прогнозирование состояния и поведения трубопровода позволяет избежать ряд проблем, к которым относятся, инциденты, аварии, остановки в процессе транспортировки углеводородов и исключить нежелательные финансовые затраты. Используемые на практике методы и сочетание методов определения технического состояния трубопровода не в полной мере учитывают особенности применяемых в настоящее время средств диагностики, которые влияют на достоверность получаемых результатов о состоянии трубопровода [1].

Анализ методов диагностики технического состояния показал, что сочетание используемых методов и их применение на практике не обладают достаточной эффективностью и не в полной мере учитывают всевозможные параметры (признаки), влияющие на диагностику технического состояния трубопровода. Для принятия и обоснования решения по диагностике технического состояния предлагается использовать тестовые методы распознавания образов и создать на их основе ИС ДТСТ, предназначенную и для выявления различного рода закономерностей между параметрами, влияющими на техническое состояние трубопровода. Для конструирования ИС ДТСТ целесообразно использование интеллектуального инструментального средства (ИИС) ИМСЛОГ [3].

**Матричное представление данных и знаний в ИС ДТСТ.** Конструируемая на основе ИИС ИМСЛОГ [4] ИС ДТСТ основана на матричной модели представления данных и знаний, включающей целочисленную матрицу описаний  $Q$ , и матрицу различий  $R_1$ , диагностического типа, матрицу различий  $R_2$  организационно-управленческого типа. Строки матрицы  $Q$  сопоставляются обучающим объектам (различным признакам, влияющим на состояния трубопровода), столбцы — характеристическим признакам (ХП). Строка матрицы  $Q$  представляет собой ту или иную комбинацию значений ХП, описывающих параметры трубопровода, гидродинамики транспортируемого в нём вещества, окружающей среды. Элемент  $q_{ij}$  матрицы  $Q$  задает значение  $j$ -го признака для  $i$ -го объекта. Если значение признака несущественно для объекта, то данный факт отмечается прочерком ("—") в соответствующем элементе матрицы  $Q$ . Для каждого признака  $z_j$  ( $j \in \{1, 2, \dots, m\}$ ) задается либо интервалы изменения его значений, либо целочисленное значение.

Матрица различий  $R_1$  диагностического типа, строки которой сопоставлены строкам матрицы  $Q$ , а столбцы — классификационным признакам (КП), разбивающим обучающие объекты на классы эквивалентности, причем каждый последующий столбец разбивает предыдущий на классы эквивалентности, предназначена для диагностики технического состояния трубопровода [5]. КП принимают целочисленные значения, либо отмечается символом «—» (прочерк).

Матрица различий  $R_2$  организационно-управленческого типа, строки которой сопоставлены строкам матрицы  $Q$  и  $R_1$ , а столбцы — классификационным признакам (КП), разбивающим обучающие объекты на классы эквивалентности, предназначена для определения последовательности ремонтно-профилактических мероприятий на трубопроводе (ОПРПМТ) [5]. Аналогично, как для матрицы  $R_1$ , КП принимают целочисленные значения, либо отмечается символом «—» (прочерк).

Множество всех неповторяющихся строк матрицы различения  $R_1$  сопоставлено множеству выделенных образов, представляющих собой 1-столбцовую матрицу  $R'$ , элементами которой являются номера образов.

Данная модель позволяет представлять не только данные, но и знания экспертов, поскольку одной строкой матрицы  $Q$  можно задавать в интервальной форме (с использованием значения прочерк "-") подмножество объектов, для которых характерно одно и то же итоговое решение, задаваемое соответствующей строкой матрицы  $R_1$ . Рамки доклада не позволяют привести иллюстрирующий пример.

Согласно вышеприведенной матричной модели осуществлена структуризация данных и знаний в области гидравлики. Строки матрицы  $Q$  сопоставлены параметрам трубопровода, гидродинамики транспортируемого в нём вещества и окружающей среды и представляют собой только часть различных комбинаций значений ХП. Для формирования характеристического и классификационного признакового пространства использовался ряд источников, в том числе и государственные стандарты [1, 2]. Вещественные (приведенные к целочисленным), также как и целочисленные при большом их количестве (более 30) перекодируются. ХП могут быть представлены интервалами изменения их значений. В число ХП входят такие ХП, как  $z_1$  – линейная скорость движения жидкости,  $z_2$  – способ прокладки трубопровода,  $z_3$  – плотность,  $z_4$  – площадь поперечного сечения,  $z_5$  – срок службы,  $z_6$  – температура,  $z_7$  – тип транспортируемого вещества,  $z_8$  – шероховатость,  $z_9$  – давление,  $z_{10}$  – участок трубопровода (общее количество не превышает 30).

Для матрицы диагностического типа  $R_1$  сформированы следующие КП и их значения:

$k_1$  – 1 – определенного вида на участке секции; 2 –комбинированные дефекты; 3 – определенного вида в области сварных швов; 4 – дефект на секциях с 2-мя и более ремонтными конструкциями;

$k_2$  – 1 – дефекты геометрии; 2 –дефекты стенки трубы; 3 – сварного соединения; 4 – недопустимые соединительные детали; 5 – недопустимые конструктивные детали и приварные элементы;

Для матрицы ремонтно-профилактических мероприятий по результатам диагностики  $R_2$  сформированы 2 КП и их значения:

$k_1$  – метод диагностики: 1 – чистка трубопровода; 2 – внутритрубная диагностика; 3 – визуально-измерительный 4 – ультразвуковой; 5 – вихретоковый контроль; 6 – магнитопорошковый; 7 – капиллярная дефектоскопия;

$k_2$  – метод ремонта: 1 – шлифовка; 2 – заварка; 3 – установка ремонтные конструкции; 4 – вырезка дефекта; 5 – замена участка;

**Краткое описание математических основ ИС ДТСТ.** ИС ДТСТ основана на выявлении различного рода закономерностей, логико-комбинаторных тестовых методах распознавания образов, принятия и обоснования решений с применением когнитивных средств [5]. Под закономерностями в знаниях [5] будем понимать следующие подмножества признаков [5]: константные (принимающие одно и тоже значение для всех образов), устойчивые (константные внутри образа, но не являющиеся константными), неинформативные (не различающие ни одной пары объектов), альтернативные (в смысле включения в диагностические тесты (ДТ)), зависимые (в смысле включения подмножеств различных пар объектов), несущественные (не входящие ни в один безызбыточный ДТ), обязательные (входящие во все ББДТ), псевдообязательные (входящие в множество используемых при распознавании ББДТ и не являющиеся обязательными), отказоустойчивые (признаки устойчивые к ошибкам измерения),

а также все минимальные и все (либо часть – при большом признаковом пространстве) безызбыточные различающие подмножества признаков, являющиеся, по сути, соответственно минимальными и ББДТ.

#### **Конструирование ИС ДРТСТ на основе инструментального средства ИМСЛОГ-2002.**

Конструирование прикладных интеллектуальных систем на основе ИИС ИМСЛОГ [4] осуществляется в 4 этапа: 1) систематизация и структуризация данных и знаний в области гидродинамики, определяются функциональный состав ИС ДТСТ, её архитектура и методы, наиболее подходящие для выявления закономерностей в данных и знаниях и принятия решений относительно режимов течения жидкости; 2) компоновке требуемой конфигурации ИС ДТСТ путем подключения к ядру (с автоматической регистрацией) соответствующих программных модулей; 3) создается модуль базы знаний, средствами модуля анализа и оптимизации базы знаний проводится обработка модуля знаний на предмет выявления закономерностей, по которым формируется набор решающих правил, используемый в дальнейшем модулем принятия и обоснования решений с применением когнитивных средств для анализа распознаваемых режимов течения жидкости; 4) настройка ИС ДТСТ для передачи заказчику.

**Заключение.** На основе анализа современного состояния исследований в области диагностики технического состояния трубопровода впервые предложено использование матричной модели представления данных и знаний в области обеспечения надежности и безопасности при транспортировке нефти и нефтепродуктов, сформировано характеристическое и классификационное признаковое пространство и рекомендовано создание ИС ДТСТ, предназначенной для выявления различного рода закономерностей между параметрами гидродинамики, влияющими на режимы движения жидкости, а также для принятия и обоснования решения по диагностике технического состояния трубопровода и (ОПРПМТ). Для конструирования ИС ДТСТ обоснована целесообразность использования ИИС ИМСЛОГ [3], основанного на матричном представлении данных и знаний и предназначенного для выявления закономерностей и принятия решений.

Создаваемая ИС ДТСТ может быть применена на предприятиях, а также использована в целях обучения специалистов в области обеспечения надежности и безопасности трубопроводного транспорта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-07-00859а).

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 56542-2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов». – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
2. ГОСТ Р 55809-2013 «Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерений основных параметров». – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2013. – 20 с
3. Yankovskaya A.E., Gedike A.I., Ametov R.V., Bleikher A.M. IMSLOG-2002 Software Tool for Supporting Information Technologies of Test Pattern Recognition// Pattern Recognition and Image Analysis. – 2003. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 243-246.
4. Yankovskaya A., Travkov A. Matrix model of data and knowledge presentation to revealing regularities of the fluid flow regime in a pipeline based on hydrodynamics parameters //CEUR Workshop Proceedings. 2017. Т. 1903. С. 54-58.
5. Янковская А.Е. Логические тесты и средства когнитивной графики. – Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 92 с.